Über die Möglichkeit der Bestimmung stofflicher Eigenschaften von Erzen mit Hilfe physikalischer Messungen

(spezielle Untersuchungen an Zinkblenden)

Von der

Technischen Hochschule zu Breslau zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs genehmigte Dissertation.

Vorgelegt von

Berg-Dipl.-Ing. **Werner Hoffmann**

aus Waldenburg in Schlesien.

Referent:
Prof. Dr.-Ing. W. Gross

Korreferent:
Prof. Dr. phil. E. Bederke.

Mit Unterstützung durch Apparaturen der Helmholtz-Gesellschaft.

Tag der mündlichen Prüfung: 21. Juli 1931.

Breslau 1932.

Breslauer Genossenschafts-Buchdruckerei E. G. m. b. H., Ursulinerstr. 1.

*26377

Disposition.

Einleitung. Bedeutung physikalischer und chemischer Eigenschaften von Stoffen in der Aufbereitungspraxis.

I. Das Untersuchungsmaterial.

A. Die untersuchten Blenden.
B. Aggregatzustand und Begleitmineralien.

II. Die mikroskopische Untersuchung.

A. Die Auszählmethode und ihre Eignung für die Praxis.
B. Ergebnis der qualitativen und quantitativen Untersuchung der Blenden.

III. Die Messung der Permeabilität der Zinkblenden.

A. Kritik des Stutzerschen Verfahrens an Erzkörnern.
B. Auswertung der Stutzerschen Hauptmessungen an Blendeproben.
C. Eignung der Messung der Permeabilität für die Praxis.

IV. Die Schwimm- und Sinkanalyse von Erzen.

A. Versuchsmaterial und seine Anforderungen an die Trennungsflüssigkeit.
B. Schwere Schmelzen.
C. Die Schmelze Thalliumquecksilberoxydulnitrat nach Retgers.
D. Darstellung und Eigenschaften der Schmelze.
E. Die Komponenten und ihr Einfluß auf die Stabilität der Schmelze.
F. Praktische Versuche mit der verdünnten Schmelze.
G. Eignung der S.- und S.-Analyse für die Praxis.

V. Die Farbmessung.

A. Eisengehalt und Farbe der Zinkblenden.
B. Vorbereitung der Proben zur Messung:
a) Vollfarbe, Mahldauer und Korngröße;
b) Vollfarbe und Einbringen der Proben.
C. Untersuchungen und Erörterungen an synthetischen Gemischen.
D. Die Schwarz-Weiß-Messung der Zinkblenden.
E. Die Farbtonbestimmung der Blenden.
F. Die Auswertung der Farbkurven.
G. Ergebnisse der Farbkurven.

VI. Zusammenfassung.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Stoffe bilden die Grundlage zu ihrer Aufbereitung und weiteren Verarbeitung. Während die chemischen hauptsächlich auf die Untersuchungsmethoden in den Laboratorien und auf die weiterverarbeitende Industrie beschränkt bleiben, sind auf den physikalischen die einzelnen Trennungsverfahren der Aufbereitung aufgebaut. In ihrer Kontrolle und der Beurteilung der Güte der Konzentrate ist man aber im wesentlichen noch von chemischen Untersuchungsmethoden abhängig. Auf diesem Gebiet von ihnen loszukommen, muß die Aufgabe des Aufbereitungsmannes in der Praxis sein. Nicht nur, daß die chemische Analyse in manchem vollkommen versagt — ich erinnere nur an die Ermittlung des Glanz-, Matt- und Faserkohlenanteils bei der Steinkohle und an die Feststellung der Verwachsungsverhältnisse und des Aufschlußgrades bei Erzen — braucht sie in erster Linie auch zuviel Zeit.

Es gilt, Schnellmethoden zu finden, die den Arbeiter an den Setzmaschinen, Flotationszellen, Herden usw. in die Lage setzen, bei fehlerhaftem Arbeiten der betreffenden Apparatur diese Fehler in möglichst kurzer Zeit zu erkennen und abzustellen. Der Erfolg solcher Schnellmethoden wird seinen Ausdruck finden in dem Gewinn an Zeit, mit ihm verbunden in der Vermeidung von Verlusten und der Werterhöhung der jeweiligen Produkte. Der Idealfall wird natürlich immer eine selbsttätige Regelung der Prozesse sein, wie wir sie aus den Gebieten der Maschinenkunde, Elektrotechnik usw., in der Aufbereitung aber bisher nur in den Selbststeuerungen für den zwangsläufigen Austrag nach der Bergeschicht bei Setzmaschinen und Rheorinnen kennen. Der Verwirklichung dieses Ersatzes menschlicher Arbeit durch die der Maschine einen kleinen Schritt näherzukommen, ist der Zweck dieser Arbeit.

Von vornherein war natürlich eine gewisse Vorsicht und Beschränkung in der Wahl des Stoffes geboten. Einen Fingerzeig gaben die Erfolge der letzten Jahre und die neuesten Datums, die auf dem Gebiete der Steinkohlenaufbereitung erzielt worden sind. Der Stand der heutigen Verfahren zur Ermittlung des Aschengehaltes und des Glanz-, Matt- und Faserkohlenanteils mit ihren technischen Trennungsmöglichkeiten darf als bekannt vorausgesetzt werden. Arbeiten, die auf diesem Gebiet noch im Gange sind, sowie besonders günstige Umstände des hiesigen Institutes wiesen auf die Bleizinkerzaufbereitung hin.

Es lassen sich in den Untersuchungsmethoden zwischen ihr einerseits und der Steinkohlenaufbereitung andererseits manche

Parallelen ziehen, auf die aber erst bei den einzelnen Untersuchungen selbst eingegangen werden soll.

Vorwegnehmen will ich eine Gegenüberstellung des Aschengehaltes der Steinkohle mit dem Eisen in der Zinkblende, da sich auf letzteres die folgenden Untersuchungen beschränken.

Diese Verknüpfung „Steinkohle-Erz" mag vom aufbereitungstechnischen Standpunkt aus gesehen anfangs befremden, von der höheren Warte des Physiko-Chemikers beurteilt ist sie verständlich, folgen doch alle Verfahren zur stofflichen Trennung den gleichen physikalischen Gesetzen, und nur auf dieser Basis lassen sich erfolgversprechende Versuche und Untersuchungen anstellen.

W. Groß (1) hat als erster die einzelnen Trennungsverfahren in der Aufbereitung unter diesem Gesichtspunkt beleuchtet. Nachfolgende Zusammenstellung gewährt einen Überblick über die physikalischen Eigenschaften der Stoffe und ihre Anwendung in der Praxis.

Physikalische Eigenschaften	Spezielle Eigenschaften	Arbeitsverfahren
Optische	Farbe, Glanz	Klaubearbeit
Schwerkraft	spez. Gewicht	Klaube-, Setz-, Herdarb., Stromwäsche, S. und S.-Verfahren
Mechanische Stoffliche	Härte, Elastizität, Spaltbarkeit	Zerkleinerung, mit Absiebung
Magnetische	Susceptibilität	Magnetscheidung
Elektrische	Kinetische und elektrostatische	Cotrell-Entstaubung
Oberflächen-	Adsorption, Benetzbarkeit, Oberflächenreaktionen	Flotation, Sedimentation, Adsorptionsverdrängung

Sie greifen in den einzelnen Prozessen ineinander über und werden in Kombination miteinander benutzt.

Von ihnen sollen die optischen Eigenschaften, das spezifische Gewicht und die magnetische Erregbarkeit auf ihre Eignung als Schnellmethoden zur Bestimmung des Eisengehaltes in der Zinkblende untersucht werden.

I. Das Untersuchungsmaterial.

A. Die untersuchten Blenden.

Als Untersuchungsmaterial standen von einer früheren Arbeit her 17 ausgesucht reine Zinkblenden verschiedenen Eisengehaltes in einer Korngröße von < 2 mm zur Verfügung. Sie wurden

ergänzt durch Flotationsblenden der Bleischarleygrube in Oberschlesien.

Wie aus den Fundpunkten (Tab. 1) zu ersehen ist, stammen die Blenden meistens aus Gangvorkommen und sind hydrothermalen Ursprunges. Die Blende von Schmalgraf (2) des Aachener Erzbergbaubezirkes und die Flotationsblenden (2) gehören einer metasomatischen Lagerstätte an.

Bei den Untersuchungen hat sich ergeben, daß gewisse Sonderheiten nicht mit der Entstehung in Beziehung gebracht werden können, so daß es sich erübrigt, auf letztere näher einzugehen.

B. Aggregatzustand und Begleitmineralien.

Nach der Bezeichnungsweise, wie sie Groß für die einzelnen Arbeitsverfahren näher definiert hat, stellen die vorliegenden Blenden — das einzelne Korn betrachtet — inhomogene, einphasige Systeme vom Aggregatzustand fest-fest dar. Im Untersuchungsmaterial ist die Zinkblende als das Dispersionsmittel und das Eisen in seinen verschiedenen Verbindungsformen als disperse Phase anzusehen. Als sogenannte wesentliche Bestandteile gesellen sich zum Eisen noch Kupferkies und Bleiglanz hinzu; wesentlich, weil sie mengenmäßig so stark vertreten sind, daß sie die Resultate der einzelnen Untersuchungen merklich beeinflussen. Weitere paragenetische Mineralien wie Kupferglanz, Malachit, Kupferlasur u. a. m. können als unwesentlich vernachlässigt werden.

II. Die mikroskopische Untersuchung.

A. Die Auszählmethode und ihre Eignung für die Praxis.

Die quantitative Auswertung von Körneraggregaten, sowohl losen wie eingebetteten Proben, beleuchten Schneiderhöhn (3) und Kühlwein (4) zahlenmäßig an Hand von Beispielen. Die zum Teil innigen Verwachsungen der Blenden mit den anderen Komponenten sowie die Verschiedenheit der Korngrößen machen neben anderen Faktoren die Auszählung im Anschliff unter dem Erzmikroskop erforderlich.

Auf die Schwierigkeit der flächenmäßigen Erfassung der Komponenten und ihre Umrechnung in die gewichtsanalytische Form weist schon Kühlwein (4) hin. Die oft poröse und löcherige Ausbildung des Eisenkieses sowie sein hohes Relief und die dadurch bedingten Schatten beeinträchtigen die Genauigkeit der Auszählung erheblich. Diese Mängel machen sich besonders in der Kornklasse $< 0{,}06$ mm geltend. Hier steht der erreichte Genauigkeitsgrad — zumal bei geringer prozentualer Beteiligung der zu untersuchenden Komponente — soweit hinter dem erforderlichen zurück, daß der Zeitaufwand mit ihm nicht mehr in Einklang gebracht werden kann.

In der Praxis wird man sich daher mit der Feststellung begnügen müssen, daß diese oder jene Komponente in der einen Probe stärker oder schwächer vertreten ist als in der anderen. Im vorliegenden Falle genügte diese grobe Schätzung, um manche Unstimmigkeiten in den Resultaten der einzelnen Meßmethoden zu klären.

Über die bei der Herstellung der Einbettmasse — 1 T. venez. Terpentin, 2 T. Schellack und 3 T. Damarharz — und des rohen Anschliffs gemachten Erfahrungen, sowie über die Theorie und Praxis des Anschleifens und Polierens selbst wird, soweit nicht Schneiderhöhn und Stach (5) das wichtigste gesagt haben, an anderer Stelle berichtet werden. Die geringe Zeit, die die Herstellung eines Anschliffs beansprucht, die geringen Kosten und die leichte Diagnoszierung der doch meistens bekannten Mineralien dürften der Anschliffmethode Eingang zur laufenden Untersuchung in der Praxis verschaffen, besonders dann, wenn sie durch die chemische Analyse überhaupt nicht ersetzt werden kann, wie z. B. zur Beurteilung der Verwachsungsverhältnisse bzw. des prozentualen Anteils des mechanisch beigemischten Eisens im Verhältnis zu seiner kolloidalen und molekularen Verteilung.

D. Ergebnis der qualitativen und quantitativen Untersuchung der Blenden.

Die Analysenergebnisse (Tab. 1) wiesen die Richtung, in der die qualitativen und quantitativen Untersuchungen der Anschliffe vorzunehmen waren. Wegen des außerordentlich geringen Mengenanteils mancher Komponenten wurden mehrere Anschliffflächen jedes einzelnen Schliffes untersucht.

Die Zinkblende weist eine außerordentliche Mannigfaltigkeit in der Farbausprägung auf. Ihre Farbe zeigt einen Übergang vom fast reinen Weiß der Blende von Annam über hell- und dunkelbraun bis zum schwarz der Blende von St. Christoph. Ins Auge fällt der besonders tiefbraune Ton der Blende 8 von Untereschbach, der eventuell auf den hohen Cadmiumgehalt zurückzuführen ist (2). Bei der Ramsbecker Blende treten die braunen Reflexfarben hinter den rötlichen zurück, die besonders intensiv bei der Blende von Dannemora entwickelt sind. Im Gegensatz zu allen Blenden steht die Blende 9 „Untereschbach schwarz". Sie zeigt sehr wenig Reflexfarben und im Pulver eine fast reine graue Farbe. Dem oberschlesischen Typus der Schalenblende kommen die Blenden von Schmalgraf am nächsten. Bei ihnen überwiegen die hellen Blendestücke die dunklen im Vergleich zu den eisenärmeren Blenden.

Das Eisen wurde durch Ätzen mit $KMnO_4$-Lösung als Pyrit und Markasit identifiziert, soweit dies bei der feinen Ver-

teilung dieser Komponenten möglich war. Bei ihnen interessierte besonders, inwieweit eine Steigerung der mechanisch beigemischten Eisenverbindungen dem durch die Analyse ermittelten Eisengehalt entspricht. Auch hier gewinnt man den Eindruck, daß die Abnahme der Helligkeit eine Funktion des Eisengehaltes sein muß. In sämtlichen Blenden wurde zwar Eisenkies gefunden, jedoch entsprach die Zunahme seiner Menge nicht den analytisch ermittelten Ergebnissen, bis auf die Blende 7 c und noch mehr 7 b u. 13, die im Anschliff einen höheren Gehalt an freiem, mit der Blende z. T. innig verwachsenen Eisenkies aufwiesen. Besonders hoch war letzterer bei den Blenden 14, 15 und 16.

In der Blende von Untereschbach-schwarz wurde das Eisen als Spateisen in wesentlicher Beimengung identifiziert. Das Kupfer, mit $KMnO_4$-Lösung als Kupferkies gekennzeichnet, konnte nur in den Blenden 11, 12, 14 und 15 als mechanische Beimengung gefunden werden. Der Kupferkies in der Emser Blende zeichnete sich besonders durch die feine Verteilung bis $< 0{,}1\ \mu$ aus, während er in den anderen Blenden grobdisperser vorlag. Auch hier scheint wie beim Eisen ein Teil des Kupfers in anderer Form an die Blende gebunden zu sein.

Bleiglanz konnte nur in den Schliffen 7 und 16 als mechanische Beimengung ermittelt werden, während als Träger des Mangangehaltes kein Mineral gefunden wurde.

Tab. 1.

Nr.	Blende	Gehalt in %							
		Fe	Zn	S	Mn	Cu	Pb	SiO_2	
1	Annam	0,29	65,27	33,87	—	0,08	—	0,32	
2	Diepenlienchen	0,87	65,22	33,30	—	—	0,06	0,13	
3	Grube Weiß	1,32	65,30	33,05	—	0,02	—	0,30	
4	Holzappel	1,61	64,27	33,00	—	0,06	0,16	0,94	
5	Clausthal	2,90	63,76	33,22	—	0,06	—	0,14	
6	Lauthental	3,06	63,36	32,79	—	—	—	0,66	
7	Schmalgraf	3,22	62,06	32,67	—	—	0,44	0,64	
8	Untereschbach braun	3,39	63,40	33,01	—	0,04	—	0,18	
9	„ schwarz	3,88	60,51	32,08	0,05	0,10	—	0,10	
10	Braubach	4,63	60,92	33,15	—	—	—	1,28	
11	Ems	5,37	60,33	33,50	—	0,16	—	0,40	
12	Ramsbeck	5,68	60,08	33,40	—	0,10	—	0,86	
13	Dannemora	9,00	55,05	33,09	0,09	—	—	2,78	
14	Georgenthal	12,72	51,34	33,04	—	0,42	—	2,52	
15	Freiberg	13,14	51,44	34,08	0,14	0,80	—	0,42	
16	Tsushima	14,96	49,46	33,54	—	0,10	0,80	1,13	
17	St. Cristoph	18,23	46,42	32,97	0,32	0,16	—	—	
	Sandblende O/S.	0,74	63,6	32,66	0,2	—	0,20	Ag: 0,001%	
	Flotationsblende	3,00	60,00	33,40	0,06	0,05	1,20	0,5	1,00% } Cd, CaO, MgO, Al_2O_3, As, Cl, CO_2,
	„	4,54	58,50	33,40	0,06	0,05	1,20	0,5	1,00% }

III. Die Messung der Permeabilität der Zinkblende.

A. Kritik des Stutzerschen Verfahrens an Erzkörnern.

Die Messung der Permeabilität der Zinkblende hat den Gehalt an Eisen als den Träger der Magnetisierbarkeit zur Grundlage.

Über die Messung der Permeabilität sind zahlreiche Methoden ausgearbeitet, die Winkelmann in seinem Handbuch der Physik (6) zusammengestellt hat. Von den exakten Methoden verdient das Stutzersche Verfahren (7) die meiste Beachtung, da es sehr empfindlich und apparativ einfach ist und kleine Mengen zu untersuchen gestattet.

Stutzer bestimmte die Stromstärke, bei der je 10 Körner genau gleichen Gewichts (70 mg) der 17 Blenden von einem Elektromagneten angezogen bzw. wieder fallen gelassen wurden. Kurve 1 (Fig. 1) zeigt die Abhängigkeit der erforderlichen Stromstärke vom Eisengehalt. Erst von 2,9% Fe an bleiben die Körnchen haften. Die erforderliche Stromstärke sinkt anfangs stärker, um von 6% an dem steigenden Eisengehalt proportional zu fallen. Zu klären bleiben die Unstimmigkeiten der Blenden 7, 9, 11, 15 und 17. Die Schalenblende 7 setzt sich aus dunklen und hellen Partien verschiedenen Eisengehaltes zusammen. Die zur Messung verwendeten Körner entstammen der dunklen Blende, die das eine Mal mit 3,22% Fe, das andere Mal mit 1,95% Fe angegeben ist (7). Das Anschliffbild der Blende 7 c zeigt überwiegend helle Stücke, dagegen einen höheren Gehalt an freiem Eisenkies. Diese Beobachtung stimmt mit dem Meßergebnis überein, da der Eisenkies nur schwach magnetisch ist. Vielleicht liegt hier aber auch eine Ungenauigkeit in der Analyse vor, oder aber die zur Messung ausgesuchten Körnchen entsprechen infolge des unterschiedlichen Materials nicht dem durch die Analyse ermittelten Durchschnittswert. Es ist kaum anzunehmen, daß die 0,44% Pb hier eine ausschlaggebende Rolle spielen.

Die Blenden 8 und 9 stammen von derselben Grube, sind aber verschiedenen Fundpunkten entnommen. Die mikroskopische Untersuchung hat bei Blende 9 ergeben, daß ein Teil des Eisens im Spateisen gebunden ist, das infolge seiner viel höheren Permeabilität auf viel geringere Stromstärken reagiert. Die Punkte der Blenden 11 und 15 fallen zwar nicht stark aus der Kurve heraus, jedoch liegt ein Zusammenhang ihrer Abweichung mit dem Ergebnis der mikroskopischen Untersuchung so nahe, daß er Erwähnung finden soll.

Letztere hat als Träger der Cu-Komponente fein verteilten Kupferkies ergeben. In ihm ist ein geringer Prozentsatz des in der Analyse ermittelten Eisens gebunden. Die Permeabilität reinen Kupferkieses (ungefähr 32,15 [7]) mit 30,4% Fe ent-

spricht ungefähr der der Zinkblende 11 mit 4,59% Fe. Der im Kupferkies gebundene Teil des Eisens geht also der in der Blende gebundenen wirksamen Eisenkomponente im wesentlichen verloren, verursacht also eine Verminderung der Magnetisierbarkeit. Der Dispersitätsgrad des Kupferkieses spielt bei den zur Messung verwendeten außerordentlich kleinen Körnchen hinsichtlich der Beeinflussung der Meßergebnisse eine gewisse Rolle. Je höher er ist, um so eher ist anzunehmen, daß der Kupferkies in mehreren der 10 Körnchen vorhanden gewesen ist.

Für die Blende von St. Christoph konnte die Anschliffuntersuchung zur Klärung wegen zu geringer Menge nicht herangezogen werden. Außerdem dürfte der Wert von nur 3 Körnern nicht als Durchschnittswert maßgebend sein.

Die Bestimmung des Eisengehaltes in Abhängigkeit von der Stromstärke wird wohl nur auf wissenschaftliche Untersuchungen beschränkt sein. Ihrer Anwendung in der Praxis stehen die verschiedenen Korngrößen bzw. die mühevolle Darstellung der Gewichtskonstante, die geringe Menge usw. entgegen. Für Stutzer hat sie das Resultat gebracht, daß die Permeabiliät der Blenden verglichen mit der von kleinen Stückchen Eisenoxydulsulfat gleichen Volumens wie die untersuchten Körner in denselben Grenzen, also 1 und z. T. wesentlich darunter liegt.

B. Auswertung der Stutzerschen Hauptmessungen an Blendeproben.

Die Kurve 2 (Fig. 2) veranschaulicht die mit steigendem Eisengehalt wachsende Permeabilität der Blende. Bis zu einem Eisengehalt von ungefähr 4,5 bis 5% verläuft die Kurve sehr regelmäßig, während die folgenden Blenden völlig aus der Kurve herausfallen. Stutzers Vermutung — seine mikroskopischen Untersuchungen hatten kein befriedigendes Ergebnis gezeitigt — hat obige Untersuchung recht gegeben. Der im Kies gebundene, mechanisch beigemischte Teil des Eisens wird zwar durch die Analyse erfaßt, übt aber keine wesentlichen magnetischen Wirkungen aus. Eisenkies sowohl in Form von Pyrit wie als Markasit zeigt eine außerordentlich geringe Permeabilität.

Bei den Blenden 14, 15 und 16 wurde sehr viel freier Eisenkies gefunden. Der bei der Blende 13 verhältnismäßig geringe Anteil an freiem Eisen kommt in der starken Annäherung dieses Punktes an die Kurve zum Ausdruck. Die hohe Permeabilität des Christophit legt die Vermutung nahe, daß ein Teil des Eisens als Magnetit oder Magnetkies vorliegt, die zu den Mineralien stärkster Magnetisierbarkeit zählen.

C. Eignung der Messung der Permeabilität für die Praxis.

Unter der Voraussetzung fein disperser Verteilung des Eisens gestattet das Stutzersche Verfahren eine relativ genaue Ermitt-

lung des Eisengehaltes in der Blende, und zwar bis auf 0,3% Fe. Schwierigkeiten im Einbringen der Substanz sowie der Bemessung ihrer Menge und der verschiedenen Korngröße bestehen nicht, da eine zur Erzielung vergleichbarer Meßwerte erforderliche Konstanz genannter Faktoren leicht zu erfüllen ist.

Weiteren Untersuchungen bleibt es überlassen, das Verfahren zur Ermittlung des isomorph und des mechanisch beigemischten Eisenanteils heranzuziehen. Letzterer ergibt sich aus der Differenz des in der Analyse ermittelten Gesamteisengehaltes und der durch die Permeabilität bestimmten isomorphen Komponente, wobei die wenn auch geringe Magnetisierbarkeit des freien Eisenkieses berücksichtigt werden muß.

Ein Versuch der rechnerischen Ermittlung beider Komponenten aus dem analytisch gefundenen Schwefel bei Blende 14 ergibt einen der Kurve angenäherten Wert. Dieser Methode dürfte jedoch infolge der mehr oder minder genauen Bestimmung des Gesamtschwefelgehaltes und seiner Umrechnung auf die meist zahlreichen kleinen Komponenten bei geringem Eisengehalt kaum eine Bedeutung beizumessen sein. Eine eindeutige Klärung der Frage wäre nur durch Abtrennung der freien Eisenkieskomponente mittels Schwimm- und Sinkanalyse und anschließender chemischer Analyse zu erreichen, was im folgenden Abschnitt behandelt werden soll.

IV. Die Schwimm- und Sinkanalyse von Erzen.

A. Versuchsmaterial und seine Anforderungen an die Trennungsflüssigkeit.

Wesen und Zweck der S.- und S.-Analyse dürfen als von der Steinkohlenaufbereitung her bekannt vorausgesetzt werden. Sie legen den Gedanken nahe, den Versuch zu machen, diese Untersuchungsmethoden auch auf die Erzaufbereitung zu übertragen, um auch dort durch geeignete Trennungsmittel die einzelnen Komponenten quantitativ und qualitativ freizulegen.

Die spezifischen Gewichte der bergmännisch wichtigsten Erze liegen durchweg über 3; sie sind nur mit schweren Lösungen und Schmelzen von Salzen und Doppelsalzen zu trennen, die sehr teuer sind und mit den Erzsulfiden vielfach chemischen Umsätzen unterliegen.

Im vorliegenden Falle sollten zunächst oberschlesische Blei-Zink-Erze auf ihre quantitative Trennungsmöglichkeit durch S.- und S.-Analyse untersucht werden. Die Natur der einzelnen Stoffkomponenten, die z. T. hohen spezifischen Gewichte, der hohe Preis der Trennungsmittel, die Zahl der Trennungen sowie die Zerlegung der feinsten Kornklassen in Zentrifugen stellen an die

Trennungsmittel weitgehende Anforderungen, die im folgenden kurz zusammengestellt sind:

1. Nichtangreifbarkeit der Sulfide und Karbonate.
2. Spezifisches Gewicht über 5,2 zwecks Isolierung des Bleiglanzes vom Eisenkies (spez. Gew. 5,2).
3. Leichte Veränderlichkeit des spezifischen Gewichts.
4. Stabilität.
5. Klarheit, leichte Beweglichkeit und niedrige Schmelztemperatur.

B. Schwere Schmelzen.

Es liegt auf der Hand, daß alle diese Bedingungen sehr schwer von einem Trennungsmittel zu erfüllen sind, und daß infolgedessen die Auswahl unter den vielen schweren Lösungen und Schmelzen außerordentlich beschränkt ist. Die schweren Lösungen (8), die bei Zimmertemperatur flüssig sind, kommen wegen ihrer zu niedrigen spezifischen Gewiche nicht in Frage. Sie können evtl. zur Trennung des reinen und unverwachsenen Dolomits herangezogen werden.

Es bleiben also nur die schweren Schmelzen, das sind Verbindungen solcher Salze, die möglichst unter 100° in den flüssigen Zustand übergehen. Die grundlegenden Arbeiten auf diesem Gebiet stammen von Penfield und Retgers, auf die auch fast alle Literaturangaben (9) verweisen. Es würde hier zu weit führen, die Menge von Schmelzen, von denen hier nur die wichtigsten (8) erwähnt seien, unter dem Gesichtspunkt der oben gestellten Anforderungen zu diskutieren.

Schwere Schmelzen.

	Sehmelzpunkt	Spez. Gewicht	Verdünnung
Zinnjodid-Bromarsen .	—	3,73	—
Silbernitrat	198°	4,1	(Kalisalpeter, Natronsalpeter
Merkuronitrat	70°	4,3	Wasser in jedem Verhältnis)
Thalliumnitrat . . .	205°	5,3	Wasser, nicht stetig
Thalliumsilbernitrat .	75°	4,5—4,85	Wasser in jedem Verhältnis
Thalliummerkurinitrat	110°	5	„
Thalliummerkuronitrat	76°	5,3	„
Jodsilber-Silbernitrat .	—	5	„
Chlorblei und Chlorzinn	—	2,4—5	

Schon die beiden ersten Punkte, die Nichtangreifbarkeit der Sulfide und Karbonate und das hohe spez. Gewicht von 5,2 beschränken die Wahl allein auf Thalliumquecksilberoxydulnitrat als der einzig brauchbaren Schmelze.

C. Die Schmelze Thalliumquecksilberoxydulnitrat nach Retgers.

Über die Darstellung der Schmelze macht Retgers (10) nähere Angaben. Die fertige Schmelze selbst beschreibt er als klar, leicht beweglich und schwachgelb. Sie schmilzt bei 76°, gibt bei nicht zu hoher Temperatur keine HNO_3 ab und greift Sulfide, insbesondere Pyrit, nicht an. Beim Erkalten tritt bei 86° eine Trübung ein, die Schmelze wird langsam teigig und erstarrt schließlich. Mit Wasser soll sie in jedem Verhältnis mischbar sein. Für die Ausscheidung aus wässriger Lösung sieht Retgers Thalliummerkuronitrat als wahrscheinlich an. Er selbst hat eine Trennung von Kupferkies in einer vorher mit Wasser verdünnten Schmelze vorgenommen, die ihm ausgezeichnet gelungen ist. Auch von Wolf, Halle (11) gelang eine Trennung von Bleiglanz und Zinkblende sehr gut.

Das sind natürlich vielversprechende Angaben, wenn auch aus ihnen nichts Näheres über die Stabilität der Schmelzen bei hohem spez. Gewicht zu ersehen ist.

D. Darstellung und Eigenschaften der Schmelze.

Zwecks Darstellung der Schmelze wurden mehrere zeitraubende Versuche unternommen, die hier kurz zusammengefaßt sind. Die Darstellung erfolgte aus den beiden Komponenten Merkuro- und Thallonitrat. Das Quecksilberoxydulnitrat — von einer Firma bezogen — wurde vorsichtshalber in schwacher Lösung über metallischem Quecksilber digeriert, um jegliches Merkurisalz zu entfernen. Das Wasser wurde im Vakuum bei 34° über metallischem Quecksilber abgedampft und das Salz mit Filtrierpapier im Dunkeln getrocknet.

Das Thallonitrat wurde in 1 : 1 verdünnter Säure mit dem entsprechenden Salpetersäuregehalt gelöst und durch Umkristallisieren gewonnen. Beide Salze waren rein weiß.

Für die Darstellung des Doppelsalzes wurden sie in ungefähr 500 ccm Wasser über metallischem Quecksilber aufgelöst, filtriert und im Vakuum bei 40° abgedampft. Bei langsam steigender Temperatur wurde praktisch das Wasser verdampft. Das Salz kristallisierte weiß aus. Beim Wiederaufschmelzen machte sich eine schwache Stickoxydentwickelung bemerkbar.

Mit Hilfe der Mohrschen Waage und eines für diesen Zweck besonders hergestellten schwereren Senkkörpers wurde das spez. Gewicht 5,2 gemessen. Die Schmelze blieb somit nur mit 0,1 unter dem in der Literatur angegebenen Wert, was auf das an-

scheinend noch nicht vollkommen verdampfte Wasser zurückzuführen ist. Sie war leicht beweglich, vollkommen klar und kristallisierte weiß aus.

Nach kurzem Stehen stellte sich ein leichter Anflug von Gelbfärbung ein, das Zeichen beginnender Zersetzung. Mit fortschreitender Färbung ging die Löslichkeit und mit ihr das spez. Gewicht zurück. Durch mehrfaches Umschmelzen wurde der Zersetzungsprozeß weiter gefördert, bis nur noch ein geringer Teil auf dem Wasserbade in Lösung ging. Das spez. Gewicht der Lösung betrug nur noch 4,6. Bei dieser Dichte war die Schmelze einigermaßen stabil und vertrug mehrmaliges Umschmelzen.

Die erfolglose Untersuchung auf Merkuri-Ionen legte die Vermutung nahe, daß die Gelbfärbung von der Bildung irgendeines basischen Salzes herrührte. Durch Versetzen einer Probe mit destilliertem Wasser unter Zugabe von einigen Tropfen konzentrierter Salpetersäure ließen sich die basischen Salze lösen, wobei eine Oxydation infolge freier Salpetersäure durch Zugabe gleicher geringer Mengen metallischen Quecksilbers und Thalliums vermieden wurde.

Der Zusatz von konzentrierter Salpetersäure allein führte nicht zum Ziel, da die überschüssige Salpetersäure das Thallium löste, während das Quecksilber ungelöst blieb. Dadurch wurde die Schmelze in ihrer Zusammensetzung insofern geändert, als sich Thallonitrat im Überschuß bildete und somit der Schmelzpunkt steigen mußte. Eine Lösung des Quecksilbers wiederum durch stärkere Konzentration der Salpetersäure hätte vielleicht zum Ziel geführt, wenn auch dadurch ebenfalls nicht vollkommene Homogenität erreicht worden wäre, sondern eher durch überschüssige Salpetersäure evtl. eine Oxydation des Salzes zu befürchten gewesen wäre.

Die mit den Proben verschiedener chemischer Fabriken angestellten Versuche verliefen in demselben Sinne. Der von ihnen beschrittene Weg der Darstellung der Schmelze entzieht sich zwar meiner Kenntnis, doch ist anscheinend auch bei ihren Proben das Salz denselben Zersetzungserscheinungen unterlegen, wie wir sie oben kennen gelernt haben. Eine neutrale stabile Schmelze vom spez. Gewicht 5,3 ist demnach nicht denkbar. In mit Wasser verdünntem Zustande ist sie mit überschüssiger Salpetersäure stabil. Die neutrale Lösung ist hydrolytischen Zersetzungseinflüssen unter Bildung basischer Salze unterworfen.

E. Die Komponenten und ihr Einfluß auf die Stabilität der Schmelze.

Die Gründe für die Unbeständigkeit des Doppelsalzes sind wohl einzig und allein bei der Komponente Merkuronitrat zu suchen. Die Verbindungen des Quecksilbers mit den sauerstoff-

haltigen Radikalen NO_3, ClO_3, SO_4 zeichnen sich im allgemeinen durch eine verhältnismäßig geringe Beständigkeit aus. Die schwachen basischen Eigenschaften des Merkuro- und Merkuri-Ions erklären die starke hydrolytische Zersetzung der Salze. Hinzu kommt noch, daß diese stark von der Temperatur abhängig ist, also mit steigender Temperatur ebenfalls wächst. Allem Anschein nach sind die Mängel dieser Komponenten durch die Doppelsalzbildung nicht in dem Maße, wie es Retgers angenommen hat, beseitigt worden, so daß sich hieraus evtl. die Labilität der Schmelze erklären ließe.

Die andere Komponente, das Thallonitrat, ist außerordentlich beständig und unterliegt wegen der starken Basizität des Thallo-Ions nicht in dem Maße der Hydrolyse wie die Quecksilberverbindung, wie auch ein Übergang in die dreiwertige Stufe des Thalliums nicht zu befürchten ist, da die Thallosalze außerordentlich starker Oxydationsmittel bedürfen, um in Thallisalze überzugehen.

Es bedarf jedenfalls einer eingehenden Untersuchung von seiten eines Chemikers, um diese Vorgänge zu klären. Vielleicht gelingt es auch durch Bildung ternärer Systeme oder Verwendung komplexer Verbindungen, eine größere Stabilität und eine weitere Senkung des Schmelzpunktes zu erreichen, was für die Nichtangreifbarkeit der Sulfide entschieden von Bedeutung ist.

F. Praktische Versuche mit der verdünnten Schmelze.

Die mit der verdünnten Schmelze angestellten Versuche zeigten, daß die Trennung mit Dolomit verwachsener Erzkomponenten stark in Frage gestellt ist. Der Dolomit wird durch die überschüssige Salpetersäure unter Kohlensäureentwickelung sofort zersetzt. Die Schmelze selbst erfährt eine starke Trübung, die bei den feinsten Korngrößen natürlich sehr störend ist. Bei den gröberen Korngrößen war die Trennung vollkommen, die Schmelze aber für weitere Versuche nicht mehr zu gebrauchen.

Einige Versuche mit synthetischen Gemischen von Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit gelangen sehr gut. Allerdings ließen sich auch hier trotz schnellen Arbeitens Zersetzungserscheinungen nicht vermeiden. Am meisten war ihnen der Pyrit ausgesetzt, während die Zinkblende scheinbar überhaupt nicht unter ihnen gelitten hatte. Der Bleiglanz zeigte einen schwarzen Belag, der vielleicht auf eine Abscheidung von Quecksilbersulfid hindeutet, während ein anderer Teil zu metallischem Quecksilber reduziert zu sein schien. Dieses fand ich in ganz feinen Tröpfchen in der spezifisch schweren Fraktion (Bleiglanz-Pyrit) vor. Eine Zersetzung der Sulfide und damit verbunden eine Zersetzung der Schmelze

hatte sich also nicht ganz vermeiden lassen. Diese Erscheinungen können sicher auf ein Mindestmaß beschränkt werden, doch wurden in dieser Richtung keine weiteren Versuche unternommen.

G. Eignung der S.- und S.-Analyse für die Praxis.

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß eine quantitative Zerlegung oberschlesischer Bleizinkerze durch die S.- und S.-Analyse mit Hilfe schwerer Schmelzen nicht möglich ist. Die in der Literatur empfohlene Thalliumquecksilberoxydulnitratschmelze zur Trennung schwerer Erzsulfide versagt hier. Das spez. Gewicht von 5,3 ist wohl annähernd zu erreichen, aber in dieser Konzentration nicht stabil zu erhalten. In mit Wasser verdünnter schwachsaurer Lösung genügt die Schmelze zwar bis zu einem gewissen Grade den Anforderungen an die Stabilität, greift aber einzelne Sulfide, insbesondere den Pyrit, etwas an. Bei Dolomit als Gangart ist sie überhaupt nicht zu verwenden. Die Wasserbeständigkeit der Schmelze scheint auch nicht gewährleistet zu sein, da sie in neutraler Lösung hydrolytischen Zersetzungseinflüssen unter Bildung gelber basischer Salze unterworfen ist.

Tab. 2.

Eisengehalte und Farbbezeichnungen von Zinkblenden.
(Nach Doelter.)

Nr. lfd.	Nr. nach Doelter	Fundort	Farbe	Gehalt in % Fe	Zn	S
1	38	Franklin, New Jersey	Weiß	—	67,46	32,22
2	69	Santander, Spanien .	Rot	—	65,84	34,19
3	64	Picos de Europa . .	Gelblich . . .	0,16	66,59	33,60
4	86	Cornwall, Pennsylv. .	Bräunlich-grün	0,38	66,47	32,69
5	21	Schemnitz	Gelb	0,47	65,24	32,79
6	23	Kapnik	Gelbbraun . .	0,57	64,92	32,98
7	46	Grube Sos Enatos, Sardinien	Rötlich grau .	1,18	65,63	32,93
8	41	Bena de Padru, Sardin.	Dunkelbraun .	1,66	65,08	33,17
9	7	Grube Willibald Ramsbeck	Haarbraun . .	2,01	63,85	33,46
10	74	Grube Abogado, Chile	Bläulich	2,40	52,90	35,20
11	87	Roxbery, Connecticut	Bräunlich-schw.	3,60	63,36	33,36
12	54	Rosas, Sardinien . .	Schwarz	4,84	61,71	32,97
13	14	Grube Aurora	Braun	6,42	60,66	33,38
14	11	Gr. Dürmberg, Ramsbeck	Dunkelbraun .	7,99	58,05	34,08
15	58	Su Porru, Sardinien .	Schwarz . . .	10,12	50,75	33,30
16	24	Rodna, Siebenbürgen	Schwarz . . .	12,74	48,45	33,88
17	22	Felsöbanya	Schwarz . . .	15,44	50,02	33,25

V. Die Farbmessung.

Den Anstoß zu vorliegenden Untersuchungen gaben die „Farbtonmessungen mit dem Stufenphotometer zur Bestimmung des Aschengehaltes von Steinkohlen“ von W. Groß und C. Abramski (12). Diese Arbeit gewährt einen kurzen Überblick über die Farbbestimmung nach W. Ostwald (13) und über die Aufstellung und den Gebrauch des Stufenphotometers nach Pulfrich (14) (Ansicht siehe Abb. 1), soweit diese auch für das Verständnis vorliegender Arbeit nötig sind.

A. Eisengehalt und Farbe der Zinkblenden.

Der Messung des Schwarz-Weiß-Farbgehaltes liegt derselbe Gedanke zugrunde wie bei der Steinkohle. Dort gilt die Voraussetzung, daß der Weißgehalt oder die Sättigung eine Funktion des Aschengehaltes sei, und dieser wiederum eine des spez. Gewichts, während hier Weißgehalt und Eisengehalt in funktionellen Zusammenhang zueinander gebracht werden. Die Funktion des spez. Gewichts scheint hier nach verschiedenen Untersuchungen (15) ebenfalls gegeben zu sein.

Die Abhängigkeit der Farbe vom Eisengehalt wurde aus der starken Abnahme der Helligkeit der vorliegenden Blenden mit steigendem Eisengehalt hergeleitet. Erhärtet wird diese Annahme durch vorstehende Zusammenstellung (Tab. 2) derjenigen Analysen aus Dölters Handbuch (16), bei denen der Analytiker eine Angabe über die Farbe des zur Analyse verwendeten Materials gemacht hat. Hierbei muß unbedingt die subjektive Einstellung des Analytikers sowie das Fehlen jeglicher Angabe über die Korngröße berücksichtigt werden. Der Einfluß der letzteren auf die Vollfarbe kommt bei einem Vergleich der feinsten Kornklasse 0,075—0,06 mm mit dem Pulver $<$ 0,06 mm klar zum Ausdruck.

Abbildung 2 (Ansicht siehe Abb. 2) stellt die Blenden der Kornklasse 0,075—0,06 mm denselben Proben nach einstündiger Aufmahlung gegenüber. Die starken Unterschiede in der Helligkeit beider Fraktionen kommen hier gut zur Geltung. In Fig. 3 erhalten sie ihren zahlenmäßigen Ausdruck. Mit zunehmender Undurchsichtigkeit nimmt die Steigerung des Weißgehaltes beim Aufmahlen ab.

Die Abnahme des Weißgehaltes mit steigendem Eisengehalt bei den einzelnen Proben der Kornklasse sowie der aufgemahlenen Fraktion wird durch die Photographie nicht so gut erfaßt. Das Fehlen jedes Eindruckes der Farbintensität ist am augenscheinlichsten bei Blende 9, die hier auf der Aufnahme gar nicht aus der Reihe der anderen Blenden hervortritt, in Wirklichkeit aber durch ihre fast rein graue Farbe eine Sonderstellung ein-

nimmt. Der Gesamteindruck der Funktion des Weißgehaltes vom Eisengehalt bleibt jedoch bestehen.

B. Vorbereitung der Proben zur Messung.

Das Wesen der Stufomessung beruht auf einer Wertbestimmung der stofflichen Eigenschaften auf Grund einer Oberfläche, die als vertretbar für die ganze Menge angesehen wird, und deren Eindruck uns durch optische Eigenschaften vermittelt wird. Hieraus erhellt, daß mit einer Vergrößerung der Oberfläche die Güte der Beurteilung eines Stoffes wächst. Die Oberflächenvergrößerung wird erreicht durch weitgehende Zerkleinerung. Diese ist nach der einen Seite hin begrenzt durch den Dispersitätsgrad der wesentlichen Beimengungen, nach der anderen durch technische Möglichkeit der Zerteilbarkeit. Die außerordentlich geringe Teilchengröße der dispersen Phase, die bei den untersuchten Blenden auftreten (bis zu $< 1\ \mu$), sowie die starke Veränderung des Weißgehaltes mit der Korngröße verlangt eine Zerkleinerung bis zur technischen Grenze der Zerteilbarkeit.

Es galt nun, diese Zusammenhänge zwischen Zerkleinerungsarbeit, Korngröße und S-W-F-Gehalt zahlenmäßig festzulegen und der Meßgenauigkeit nutzbar zu machen.

a) Vollfarbe, Mahldauer und Korngröße.

Als Untersuchungsmaterial diente oberschlesische Flotationsblende und reiner Eisenkies. Ein kleiner Achatmörser, der nach geeigneter Umkleidung mechanisch betrieben werden konnte, wurde für die Zerkleinerungsarbeit verwandt.*) Die Konstanz der Umdrehungszahl des Mörsers (75/Min.), der gleichmäßigen Belastung des Pistills und derselben Substanzmenge (3 g) sicherten vergleichsfähige Proben. Da es sich um homogenes Material handelte, genügte das Gut von $< 0{,}06$ mm als Ausgangsmaterial. Dieses wurde Mörserzeiten von 5, 10, 15, 30, 60, 120 Min. unterworfen. Fig. 4 stellt den Weiß- und Farbgehalt der Blende dem des Eisenkieses gegenüber.

Die Kurven des Weißgehaltes verlaufen im Sinne einer e-Funktion, d. h. der praktisch maximale Zerkleinerungseffekt ist in verhältnismäßig kurzer Zeit erreicht. Eine Aufmahlung über 30 Min. hinaus zeitigt keine wesentliche Zunahme der Zerkleinerung mehr. Das Pistill schwimmt gewissermaßen im Gut, ohne eine zerkleinernde Wirkung auszuüben.

Der Weißgehalt der Blende steigt, der des Eisenkieses fällt mit zunehmendem Dispersitätsgrade, wobei, wie oben schon erwähnt, die Substanz als ein disperses System vom Aggregat-

*) Mechanische Reibschale der Firma Nelles & Co., Meißen.

zustand gasförmig-fest aufzufassen ist. Dieses verschiedene Verhalten liegt in der Natur der Stoffe und der Art der Beobachtung begründet. Letztere geschieht im auffallenden Licht. Der Gesamtfarbeindruck wird hier also nur durch das reflektierte und absorbierte Licht vermittelt. Farblose, durchsichtige Kristalle erscheinen nach weitgehender Zerkleinerung rein weiß, da sie sämtliches weißes Licht zurückwerfen. Bei farbigen, durchsichtigen Kristallen kommt der durch die Absorption bedingte Farbeindruck hinzu.

Mit zunehmender Undurchsichtigkeit nimmt die durch die Zerkleinerung hervorgerufene Erhöhung des Weißgehaltes ab. An dem anderen Ende dieser Reihe steht der Eisenkies, der als Vertreter der Mineralien mit Metallglanz gelten kann. Diese sind gekennzeichnet durch ein hohes Absorptions- und geringes Reflexionsvermögen. Wie bei den durchsichtigen Kristallen die Erhöhung des Dispersitätsgrades gleichsam eine Summierung des reflektierten Lichts hervorruft und somit die Sättigung verstärkt, so löst sie bei den Kristallen mit Metallglanz eine intensivere Absorption aus, d. h. sie werden dann auffallend dunkler. Dabei kommt die Eigenfarbe besser zum Vorschein.

Ein Vergleich vorliegender Messungen mit denen von Schneiderhöhn (3) zeigt für die Zinkblende unter 0,06 mm entsprechend der Aufmahlung einen höheren Weiß- und niedrigeren Schwarzgehalt. Das gilt, wie die späteren Messungen zeigen werden, aber nur für die vorliegende Flotationsblende.

Der Farbgehalt der Blende scheint der Kurve nach mit zunehmendem Dispersitätsgrad abzunehmen. Jedoch ist aus so geringen Schwankungen wegen der Belastung der Werte mit den Messunggenauigkeiten aus der Schwarz-Weiß-Messung schwerlich ein Schluß zu ziehen.

Bei den gröberen durchsichtigen Körnern gestalten sich die Verhältnisse insofern noch etwas schwieriger, als zu der Reflexion an der Oberfläche noch Totalreflexionen im Inneren an Spaltflächen, Luft- und Flüssigkeitseinflüssen hinzukommen.

Die Werte des Eisenkieses mit den Schneiderhöhnschen verglichen, zeigen schon für das Gut unter 0,06 mm eine starke Verschiebung zugunsten des Farbgehaltes. Der intensive Metallglanz verdeckt die Eigenfarbe fast restlos. Mit zunehmender Korngröße wird hier also die Farbe steigen, da sich die Werte denen von Schneiderhöhn nähern. Darauf deutet der im Vergleich zu den anderen Werten ziemlich hohe Farbgehalt des Gutes unter 0,06 mm.

Ähnlich den mehrphasigen Systemen kann man auch bei denen mit einer Phase eine Abhängigkeit des Farbgehaltes vom Dispersitätsgrad vermuten, der hier durch die Korngrößen und die

außerordentlich engen Bindungen bedingt wird. Auf einen solchen Zusammenhang deutet das Analysenergebnis einer hellgelben dichten und einer grobstengeligen dunklen Blende, für die Schneiderhöhn (17) einen Unterschied im Eisengehalt von 0,2% angibt.

Um die Abhängigkeit des Schwarz-Weiß-Farbgehaltes von der Korngröße noch genauer zu erfassen, wurde das Flotationsgut, das eine Stunde im Mörser aufgemahlen worden war, einer Schlemmanalyse in ruhendem Wasser unterworfen.

Die Korngrößenbestimmung erfolgte unter dem Mikroskop durch Messen der Größen von je 100 Körnern mittels eines Okularmikrometers. Fig. 5 zeigt die Abhängigkeit des Weißgehaltes von der Korngröße. Hier ist der niedrigste Weißgehalt gleich 1 und der höchste gleich 10 gesetzt. Dadurch kommt die Steigerung des Weißgehaltes mit feiner werdendem Korn besser zum Ausdruck.

Die anfänglich lineare Abhängigkeit des Weißgehaltes von der Korngröße geht von der Teilchengröße 5 μ der dispersen Phase in die einer e-Funktion über. Diese allmähliche Abnahme der Steigerung des Weißgehaltes wird noch durch Änderung in der Reflexion des Lichtes verstärkt, die bei der Behandlung der Frage des Einbringens der Probe in die Objektträger noch näher gestreift wird.

Eine stoffliche Trennung in hellere, eisenärmere und dunklere, eisenreichere Partien ist wohl kaum anzunehmen, da wesentliche Unterschiede im spez. Gewicht zwischen solchen Körnern nicht gefunden wurden (15). Das mechanisch beigemengte Eisen sowie der Bleiglanz sind vermutlich auf Grund ihres hohen spez. Gewichtes schon in den ersten Fraktionen mitausgefallen, so daß die Weißgehaltserhöhung fast ausschließlich als eine Funktion des Dispersitätsgrades angesehen werden kann.

Die für die praktische Farbmessung erforderlichen vergleichsfähigen Resultate sind demnach abhängig von der Messung einer Schicht immer gleicher mittlerer Korngröße. Hieraus ergibt sich der rückläufige Schluß, daß ich aus der Messung des W-Gehaltes eines Körnerpräparates auch auf eine mittlere Korngröße bzw. spezifische Oberfläche schließen kann. Für diese Bestimmung ist die Homogenität des Stoffes Voraussetzung, d. h. es muß ein System mit nur einer Komponente vorliegen.

Die Bedingung, die Messung unabhängig von der durch die Korngröße bedingten Weißgehaltsänderung zu gestalten, ist schwer und nur durch Ausschaltung des Gutes > 5 μ zu erfüllen.

Bei dem Gut < 5 µ übt die wachsende Kornfeinheit keinen wesentlichen Einfluß mehr aus. So entsteht die Frage, ob die Anfallmengen > 5 µ abzuscheiden sind, ehe man die Proben der Messung unterwirft.

Das technisch Nächstliegendste, eine weitere Zerkleinerung, scheidet wegen der langen Mahldauer aus. Die Proben durch Abschlämmen von den gröberen Körnern zu befreien, verbietet die damit verbundene stoffliche Entmischung, da das Abschlämmen den Gesetzen der Gleichfälligkeit folgt; ganz abgesehen davon schließt auch hier der erforderliche Zeitaufwand genau wie bei der Zerkleinerung den Charakter der Schnellmethode aus.

b) Die Vollfarbe und das Einbringen der Proben.

Die Forderung der Messung einer Fläche immer gleichbleibender, möglichst kleiner mittlerer Korngröße wurde durch Verreiben der Proben mit einer Glasplatte von geeigneter Rauheit erfüllt. Es bilden sich bei dem körnigen Material sowohl an der rauhen Fläche der Glasplatte wie an der Oberfläche der Probe gewissermaßen Polster aus ganz feinem Korn, zwischen denen die gröberen Körner beim Reiben hin- und herbewegt werden. Diese verfestigen die obere Schichtfläche der Probe, ohne störende Spuren zu hinterlassen. Für die Messung kann man entweder durch geeignetes Abstreichen des Polsters an der Glasplatte oder aber durch Abkehren des Überkorns mit einem weichen, schräg gehaltenen Pinsel die geeignete Oberfläche freilegen. Durch Abstreichen mittels der Glasplatte gelingt es nicht immer sofort, eine für die Messung genügend große Fläche zu schaffen. Im Interesse eines guten Durchschnittswertes wird man mehrere Flächen messen.

Diese Art des Einstreichens ist bei Einstoffsystemen als eine Trennung des Stoffes nach geometrischen Abmessungen aufzufassen. Bei Mehrstoffsystemen kommt eine Trennung nach stofflichen Eigenschaften hinzu, wenn die Zerkleinerungsgrade der Komponenten stark voneinander abweichen. So scheint nach dem mikroskopischen Befund der Eisenkies, bei dem später behandelten synthetischen Gemisch Zinkblende-Eisenkies in dem gröberen Korn prozentual stärker beteiligt zu sein, als in der feinkörnigen gemessenen Fläche. Die Beeinflussung der Meßergebnisse scheint jedoch den Ergebnissen nach bei den verschiedenen Blenden nicht hoch zu sein.

Liegen zwingende Gründe vor, dieses Überkorn zu berücksichtigen, wie z. B. bei der Bestimmung der mittleren Korngröße, dann müssen andere Wege der Probenvorbereitung be-

schritten werden. Sie werden sich im wesentlichen auch nach der Natur des Materials richten und mehr oder minder voneinander abweichen.

Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn man bei Material mit starken Adhäsionseigenschaften durch Schütten und Einebnen keine geeignete Fläche erhält und diese durch Druck zu erzeugen sucht. Unter Konstanthaltung des Druckes und der Probemenge sowie bei der Messung mehrerer Flächen lassen sich auch hier vergleichbare Ergebnisse erzielen.

Die Bedingung gleichen Drucks ist erforderlich, da mit ihm das Konzentrationsverhältnis der dispersen Phase zum Dispersionsmittel und damit der durch Reflexionsänderungen bedingte Weißgehalt in funktionellem Zusammenhang steht.

Durch den Druck mit einer glatten Platte werden Schattenwirkungen beseitigt und die Spaltungsstückchen im Sinne ihrer ebenen Grenzflächen orientiert. Es entsteht eine glatte, spiegelnde Fläche, die einen Teil des auffallenden Lichts unter dem Okular vorbeileitet, während der ersten Methode des Einstreichens ein der idealen unregelmäßigen, also diffusen Reflexion angenäherter Vorgang zugrunde liegt. Das Pulver wird hier, unter verschiedenen Winkeln betrachtet, immer denselben Weißgehalt haben, so daß das Licht von dem Präparat auszugehen scheint.

Bei der gedrückten Probe wird die durch das Photometer gemessene Lichtintensität infolge der regelmäßigen Reflexion unter demselben Winkel — nämlich 45° — wie der des auffallenden Strahls geschwächt. Der Einfallwinkel von 45° ist nach W. Klughardt (18) besonders für Untersuchungen bei glatten und glänzenden Flächen wegen der Abhängigkeit des Farbeindruckes von Beleuchtungs- und Beobachtungsrichtung unbedingt innezuhalten.

Bei einer Probe wird der Weißgehalt mit zusätzlicher, regelmäßiger Reflexion durch starkes Drücken entweder steigen oder fallen, und zwar immer im Sinne der Annäherung an die von Schneiderhöhn ermittelten Werte. So ist z. T. die abnehmende Steigerung des Weißgehaltes der Flotationsblende mit feiner werdendem Korn sowie der höhere Farbwert des unvermahlenen Gutes des Eisenkieses im Verhältnis zu der aufgemahlenen Fraktion zu deuten. Zusammenfassend ist zu sagen, daß sich das Einstreichen der Probe nach der Natur des Materials und nach dem Zweck der Messung richten wird.

C. Untersuchungen und Erörterungen an synthetischen Gemischen.

Die mikroskopische Untersuchung hatte neben den Verbindungen des Eisens noch Kupferkies und Bleiglanz als wesent-

liche Bestandteile ergeben. Beide gehören zu den undurchsichtigen Mineralien mit Metallglanz, d. h. sie werden beim Aufreiben dunkler.

Um den Einfluß dieser drei schwärzenden Bestandteile auf die Ausprägung der Vollfarbe zu klären, wurden synthetische Mischungen mit gefälltem, ungeglühten Zinksulfid hergestellt.

In Fig. 6 sind die Weißgehalte der drei Systeme einander gegenübergestellt. Auch hier kommt die durch den geringeren Zerkleinerungsgrad des Eisenkieses z. T. bedingte schwächere Beeinflussung des Weißgehaltes zum Ausdruck. Die Inhomogenität der Mischung, die neben oben genannten Faktoren in dem großen Unterschied der spez. Gewichte und der Korngröße ihre Ursache hat (19), macht sich in den stark streuenden Werten geltend. Die scheinbar höhere schwärzende Kraft des Kupferkieses und des Bleiglanzes gegenüber dem Eisenkies ist größtenteils auf die bei der Mischung entstehenden Mischfarben (Fig. 10) höherer Intensität zurückzuführen. Bei dem Bleiglanz kann unter Umständen eine Plättchenbildung beim Reiben im Mörser die Güte der Mischung beeinträchtigen.

Eine Umrechnung des Mineralanteils in den Metallgehalt verschiebt bei der Blende und dem Bleiglanz das Verhältnis ihrer Weißgehalte zugunsten des Eisenkieses. Eisen und Blei zeigen demnach bei gleicher prozentualer Beteiligung in mechanischer Beimengung die gleichen schwärzenden Eigenschaften, Kupferkies dagegen stärkere.

An dieser Stelle sei kurz darauf hingewiesen, daß die Schwarz-Weiß-Messung mittels des Stufenphotometers geeignet ist, die Güte des Mischungsgrades zweier Komponenten zu beurteilen. Auf eine solche Auswertung der Farbe weist Fischer (19) hin.

D. Schwarz-Weiß-Farbmessung an den Zinkblenden.

Der Einfluß der Korngröße, des Einstreichens der Probe und der schwärzenden Bestandteile auf die Schwarz-Weiß-Messung wurde der Untersuchung der verschiedenen Blenden zugrundegelegt. Wegen der zu erwartenden Aufschlüsse über die färbenden Bestandteile wurde jeder Wert durch mehrere Ablesungen aus verschiedenen Flächen gesichert.

Fig. 7 zeigt die Vollfarben in ihrer Abhängigkeit vom Eisengehalt.

Nach vorliegendem Ergebnis darf man wohl den Weißgehalt als eine absolute Funktion des Eisengehaltes auffassen. Sie verläuft bis zu 5 bis 6% Fe linear. Diese Erscheinung stimmt mit den mikroskopischen Untersuchungen sowie den Messungen über die Permeabilität der Blenden völlig überein. Letztere

haben bis zum Eisengehalt von 5%, also bis zur Blende 11, nur sehr wenig freien Eisenkies ergeben, so daß sowohl die Steigerung der Permeabalität sowie die Abnahme des Weißgehaltes fast ausschließlich nur auf das im Kristallgitter eingebaute Eisen zurückzuführen ist.

Von ungefähr 6% Fe an verläuft die Kurve des Weißgehaltes flacher. Die Schwankungen im Weißgehalt der Blenden 14—17 sind auf das wechselnde Verhältnis zwischen grob und feindispersen, also mechanisch beigemischten und im Kristallgitter eingebauten Eisen zurückzuführen.

Unter dieser Voraussetzung verbinden beide Äste (a und b) (Fig. 7) der Kurve Blenden annähernd gleich starker feindisperser Verteilung des Eisens. Die Blenden auf jeder einzelnen Kurve unterscheiden sich nur durch wechselnde Menge grobdispersen Eisens.

Die Berechtigung zu diesem Schluß scheint durch den Verlauf dieser beiden Kurven im Vergleich zu dem einer synthetischen Mischung aus oberschlesischer Flotationsblende und Eisenkies gegeben zu sein (Fig. 8). Der Messung jeder Mischung lagen zwei Einwagen zugrunde. Die Kurve der synthetischen Mischungen zeigt eine völlig lineare Abhängigkeit des Weißgehaltes vom mechanisch beigemischten Eisenkies. Die geringere Neigung dieser Kurve im Vergleich zu der obiger Blende 1—11 ist durch den Dispersitätsgrad des Eisens bedingt. Jede Kurve verschiedener Mischungen einer Blende mit grobdispersen Eisenkies wird der vorliegenden synthetischen parallel laufen. Die Lage solcher Kurven zueinander ist nur abhängig von der Menge des feindispersen Eisens. Ist sein Prozentsatz hoch, dann liegt die Kurve tiefer und umgekehrt.

Diese Schlüsse gelten nur unter der Voraussetzung, daß der Prozentsatz anderer schwärzenden Bestandteile annähernd konstant bleibt, also nur der Eisengehalt als variabel angesehen wird. Als Folge solcher Änderungen ist das Herausfallen der Blenden 7 a bis c und 9 und der oberschlesischen aus der Kurve zu werten. Unter Berücksichtigung des in der mikroskopischen Untersuchung festgestellten Bleigehaltes rücken die Punkte nahe an die Kurve heran. Das Ergebnis der mikroskopischen Untersuchung und der Messung der Permeabilität bei den Blenden 7 a bis c wird durch die hier gemessenen Werte bestätigt.

Der im Spateisen gebundene Teil des Eisens zeigt infolge seines höheren und dem der Blende fast gleichen Weißgehaltes keine schwärzenden Eigenschaften. Die bei den synthetischen Gemischen stärker schwärzende Kraft des Kupferkieses kommt hier bei dem Weißgehalt infolge der zahlreichen am Aufbau der

Vollfarbe beteiligten Komponenten anscheinend nicht zum Ausdruck.

Die tiefere Lage des Punktes der Blende 15 könnte u. U. auf den hohen Kupferkiesgehalt zurückgeführt werden statt auf den feindispersen Eisens. Dieser Annahme widerspricht jedoch der Weißgehalt der Blende 11. Eine restlose Klärung dieser Frage ist ebenfalls nur durch Trennung der Stoffkomponenten durch S.- und S.-Analyse möglich.

Bei mehreren variablen schwärzenden Komponenten ist eine Umstellung der Abhängigkeit des Weißgehaltes auf den Metallgehalt Zn praktischer, da sie sofort auf die für den Aufbereitungsmann wichtigste Frage Antwort gibt. Fig. 9 zeigt die Abhängigkeit des Weißgehaltes vom Zinkgehalt, deren lineare Funktion besticht. Die Schwankungen sind hier, soweit sie nicht oben schon geklärt worden sind, auf die Unterschiede der der Kurve zugrunde liegenden Analysenwerte (Tab. 1) und der zur Messung verwandten Proben zurückzuführen.

Ein Vergleich dieser Kurven mit einer, die 6 Wochen vorher nach demselben Material aufgestellt war, hat eine mit steigendem Eisengehalt wachsende Erhöhung des Weißgehaltes erkennen lassen. Diese Beobachtung ist wohl weniger auf eine durch die Art des Einstreichens bedingte Messung von Flächen verschiedener mittlerer Korngröße als auf eine Veränderung des Blendenpulvers an der Luft zurückzuführen. Eine ähnliche erhöhte Reaktionsfähigkeit ist in der mit steigendem Eisengehalt wachsenden Löslichkeit der Blenden gegeben.

Es ist aber nicht ganz ausgeschlossen, daß die Erhöhung des Weißgehaltes auf eine wenn auch geringe Wasseraufnahme des Blendepulvers und die mit ihr sich ändernde Reflexion zurückzuführen ist. Hiermit wäre ein weiteres Anwendungsgebiet der Schwarz-Weiß-Farbmessung gegeben, und zwar die Messung des Feuchtigkeitsgehaltes eines Stoffes, die Konstanz anderer Faktoren wie Korngröße, färbende Beimengungen usw. vorausgesetzt. Mit der Wasseraufnahme geht der Aggregatzustand der Substanz gasförmig-fest in ein ternäres System, gasförmig-flüssigfest über.

H. Die relative Farbmeßmethode und die Farbtonbestimmung der Blenden.

Bisher ist zur Ermittlung der färbenden Bestandteile nur die Kurve des Weißgehaltes herangezogen worden, während die des Farbgehaltes unberücksichtigt blieb. Vor ihrer Auswertung soll noch eine zweite Methode, die sog. relative Farbmeßmethode (20) zur Messung des Schwarz-Weiß-Farbgehaltes besprochen werden. Bei ihr wird die Farbmenge nicht als Differenzwert be-

rechnet, sondern mit den Ostwaldschen Normfarben verglichen und direkt bestimmt. Diese Methode gestattet auch die Ermittlung des Farbtons der Proben, von dem ein Aufschluß über die Vollfarbe erwartet wurde. Die Messung erfolgt mit dem Krügerschen Zusatzapparat (Abb. 1). Die Anordnung der Farbstreifen der zu messenden Probe und der Barytplatte gehen aus der Abb. 1 hervor. Eine Erklärung ist in dem Blatt Mess. 430 c gegeben.

Diese Art der Schwarz-Weiß-Farbmessung ist natürlich mit der mangelhaften Sättigung und Helligkeit der Normfarben behaftet. Ihre relativen Werte genügen aber als Vergleichswerte den Bedürfnissen der Praxis. Unter Berücksichtigung des Schwarz-Weiß-Gehaltes der Normfarben lassen sich die absoluten Werte berechnen. Sie liegen im Schwarz- und Weißgehalt höher als die relativen, im Farbgehalt aber tiefer.

Die Ermittlung des Farbtones zeigt einen Übergang von Laubgrün (Farbfeld 24,5 nach Ostwald) der Blende von Annam bis zum Creß (Farbfeld 4,5) der Blende von St. Christoph mit steigendem Eisengehalt.

K. Die Auswertung der Farbgehalte der Blenden.

Die Erwartung vom Farbton einen Aufschluß über die färbenden wesentlichen Bestandteile zu erhalten, hat sich nicht erfüllt. Es soll nun versucht werden, aus dem Verlauf der Farbkurven, also den Farbmengen, der Lösung der Frage über das Vorhandensein weiterer Elemente außer Zink und Eisen näher zu kommen.

Das, was wir aus anderen Gebieten von dem Einfluß färbender Bestandteile auf die Gestaltung der Vollfarbe wissen, ist wenig ermutigend. Die Steinkohle bildet hier insofern kein geeignetes Vergleichsmaterial, als ihre Farbmenge außerordentlich gering ist und Veränderungen nur in den spezifisch leichtesten und schwersten Fraktionen erfährt.

Als allochromatische Bestandteile kommen bei vorliegenden Blenden im wesentlichen Eisen, Kupfer, Mangan, Blei, Kadmium und Kieselsäure in Frage.

Auf der Abhängigkeit der Vollfarbe vom Eisengehalt ist der Teil der Arbeit über die Farbmessung aufgebaut. Der Übergang der Blenden vom Grün bis zum Creß mit steigendem Eisengehalt wurde schon erwähnt. Mit ihm geht die Intensität der Steigerung der Farbe konform und scheint ihr Maximum zu erreichen an dem Punkt, an dem die Weißgehaltskurve flacher wird, d. h. der zunehmende Eisengehalt im wesentlichen auf mechanisch beigemischtes Eisen zurückzuführen ist.

Aus der Kurve (Fig. 7) fallen mehrere Punkte heraus. Für die Blenden 2, 5 und 6 lassen sich keinerlei Beziehungen zu den übrigen färbenden Bestandteilen finden. Die außerordentlich geringe Farbmenge der Blende 9 kann nicht weiter befremden, zeigen doch die synthetischen Mischungen des Zinksulfids mit Bleiglanz und Eisenkies ähnliche Minima (Fig. 10), die von der Eigenfarbe der beteiligten Stoffkomponenten und der Menge der schwärzenden Bestandteile abhängen. Bei den Mischungen verschiedenfarbiger Komponenten entstehen Mischfarben, die andere und in ihrer Intensität schwankende Farbtöne aufweisen.

Eine weitere Gesetzmäßigkeit scheint in dem Einfluß des Kupfers auf die Gestaltung der Vollfarbe vorzuliegen. Es dürfte wohl trotz des Herausfallens der Blende 6 kein Zufall sein, daß oberhalb der Farbkurve die kupferärmeren und unterhalb die kupferreicheren Blenden liegen. Die Kupfergehalte sind Tab. 1 entnommen. Die tiefere Lage der Blenden 11, 14 und 15 deutet auf den in der mikroskopischen Untersuchung ermittelten Kupferkiesgehalt hin, also auf eine mechanische Beimischung, während bei den geringeren Prozentsätzen von 0,06% und darunter das Kupfer in kolloidaler oder molekularer Lösung vorzuliegen scheint.

Über die Farbwirkungen des Mangans, Kadmiums, Bleis und der Komponenten geringster prozentualer Beteiligung läßt sich nichts aussagen. Sie alle sind mehr oder minder am Aufbau der Farbe beteiligt und erschweren eine für die Praxis verwertbare Deutung des Farbgehaltes hinsichtlich der färbenden Bestandteile.

Die Analysen der Blenden nach Dölter (Tab. 2) lassen auch keine weiteren Schlüsse auf Zusammenhänge zwischen Farbträger und Farbe der Blenden ziehen bis auf den bläulichen Farbton der Blende (Nr. 10) der Grube Abogado (Chile), der auf fein verteiltes, gediegenes Kupfer zurückgeführt wird, und die Blendekristalle von Cornwall (Nr. 4), Pennsylvanien, die ihren grünlichen Farbton dem 0,34% Kobalt verdanken.

L. Ergebnisse der Farbmessung.

Die Bedingung der hohen Potentialdifferenz ist, und hiermit komme ich zum Schluß des Abschnittes über die Farbmessung, für die Eignung der Schwarz-Weiß-Farbmessung überhaupt zur Bestimmung der stofflichen Eigenschaften von ausschlaggebender Bedeutung. Je höher die Potentialdifferenz im Schwarz-Weiß-Gehalt ist, um so größer wird der mit dieser Methode zu erreichende Genauigkeitsgrad sein. Die durch die Korngröße bedingten Unterschiede lassen sich durch weitgehende Zerkleinerung und die Art des Einstreichens der Probe beseitigen.

Das Messen einer Probe nimmt ungefähr 10 Minuten in Anspruch. Bei Fixierung der Lampe und unter der Voraussetzung,

daß an der Einstellung nichts geändert wird und die Farbkurven nicht festgelegt werden sollen, genügt die Messung in einer Meßlage. Die Vorbehandlung der Proben wie Zerkleinerung, Trocknung usw. richtet sich nach der Natur der Stoffe und benötigt dementsprechend verschiedene Zeit.

Die Anwendungsmöglichkeit der Farbmessung ist überall dort gegeben, wo ein System mit nur einer variablen Komponente vorliegt. Daß trotz mehrerer färbender Bestandteile günstige Ergebnisse erzielt werden können, hat die Messung obiger Blenden ergeben. Bei Systemen mit einigermaßen gleichbleibender prozentualer Beteiligung gerade in diesen Komponenten, wie sie doch auf einer Lagerstätte mehr oder minder gegeben ist, gestaltet sich die Lage noch günstiger. Zeigen die färbenden Komponenten die gleichen schwärzenden Eigenschaften, so erweist sich die Gegenüberstellung z. B. des Zinks und der färbenden Bestandteile als praktischer. So läßt sich die Meßmethode in der Erzaufbereitung zur Beurteilung fast aller Konzentrate heranziehen.

Eine Erweiterung kann die Anwendung des Stufos noch zur Ermittlung stofflicher Eigenschaften im Laboratorium finden. Auf die Möglichkeit der Feststellung der Korngröße sowie der spez. Oberfläche wurde hingewiesen, desgleichen auf die Ermittlung der Güte des Mischungsgrades zweier Komponenten.

Über das Gebiet der Erzaufbereitung hinaus ergeben sich noch weitere Perspektiven wie die Feuchtigkeitsbestimmung, z. B. der Braunkohle in den einzelnen Trockenprozessen, ihren Bitumengehaltes usw. Die Eisenbestimmung von Tonerden und Kaolinen läßt sich vielleicht auch auf diesem Wege abkürzen, wenn es gelingt, das Eisen in Verbindungsformen überzuführen, die eine genügende Potentialdifferenz der Weißgehalte gewährleisten. Es sind dies nur Andeutungen, die eingehender Untersuchungen bedürfen.

VI. Zusammenfassung.

Die mikroskopische Untersuchung wird auf ihre Eignung zur zahlenmäßigen Erfassung mechanisch beigemischter Stoffkomponenten hin beleuchtet. Für die Ermittlung des Verwachsungs- und des Aufschlußgrades von Konzentraten ist sie im praktischen Betriebe unentbehrlich. Die zahlenmäßige Festlegung der Zusammensetzung von Erzen nach selbständigen Mineralien durch die Schwimm- und Sinkanalyse scheitert bei den Bleizinkerzen an dem Mangel einer geeigneten schweren Trennflüssigkeit oder Schmelze.

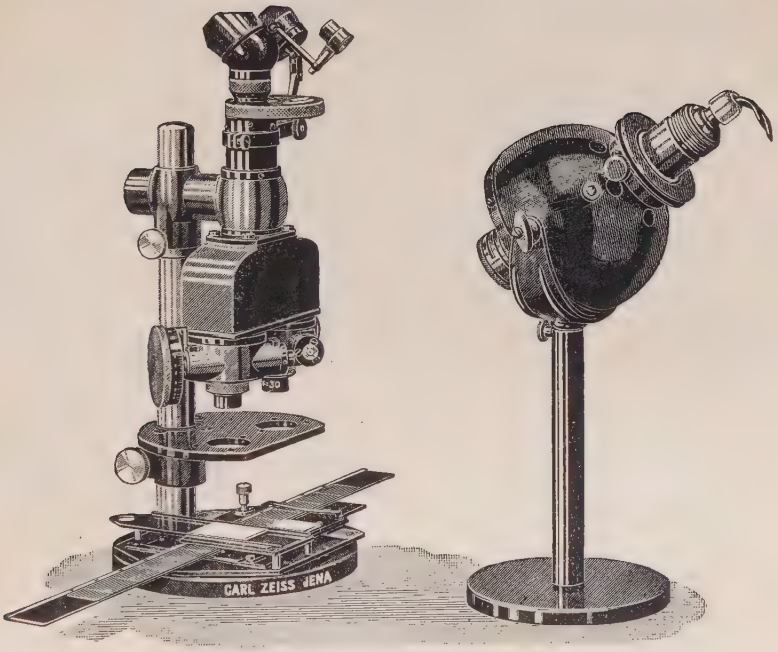
Die Ermittlung des mechanisch beigemischten Eisens durch Messung seiner Permeabilität wird erschwert durch die außer-

ordentlich geringe Leitfähigkeit des Pyrits und Markasits. Das im Kristallgitter eingebaute Eisen wird jedoch recht genau erfaßt. Nach Schaffung einer geeigneten Apparatur verspricht diese Methode gute Erfolge.

Die Ermittlung des Eisens bzw. des Metallgehaltes der Zinkblende durch die Farbmessung mittels des Pulfrichschen Stufenphotometers dürfte am meisten geeignet sein, in der Praxis Eingang zu finden. Bei Aufstellung von Eichkurven für das jeweilige Material erfaßt sie sowohl grob- wie feindisperse Verteilungen der Stoffe. Die mit der Farbmessung erreichbare Genauigkeit dürfte den in der Praxis an Schnellmethoden gestellten Anforderungen genügen. Die außerordentlich vielseitige Anwendungsmöglichkeit des Stufos rechtfertigt den einmaligen hohen Anschaffungspreis.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr.-Ing. W. Groß, gestatte ich mir auch an dieser Stelle für die Anregung zu dieser Arbeit und sein großes Interesse sowie für seine stets bereitwillige Unterstützung meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Abb. 1.



Pulfrich-Photometer mit Zusatzapparat nach Krüger und Lampe mit Tageslichtfiltern.

Literatur-Verzeichnis.

1. W. Groß: Glückauf 27, Jahrg. 1929, S. 917—21.
2. R. Beck: Erzlagerstätten, 1903, S. 573.
   Beyschlag-Krusch-Vogt: Lagerstättenlehre II, 1913, S. 215, 224.
3. H. Schneiderhöhn: Anleitung zur mikroskopischen Bestimmung und Untersuchung von Erzen und Aufbereitungsprodukten, 1922, S. 37, 108. 52—61. 114, 118.
4. F. L. Kühlwein, Glückauf 10, 1929, S. 327.
   — Metall und Erz 1925, S. 133.
5. E. Stach: Mitteil. der Abt. für Gesteins-, Erz-, Kohlen- und Salzuntersuchungen 4, 1928, S. 1—23.
6. Winkelmann: Handbuch der Physik, Bd. 5, S. 260 ff.
7. F. Stutzer: Über die magnetischen Eigenschaften der Zinkblende und einiger anderer Mineralien (Dissertation 1917, verl. bei W. Knapp, Halle).
8. Keilhack: Lehrb. d. prakt. Geologie, 3. Aufl., Bd. 2, S. 234.
   Landolt-Börnstein, Physikal.-chem. Tab. 1922, S. 317.
9. Abegg: Handb. d. anorgan. Chemie, Bd. 3, Abt. 1, S. 431.
   Gmelin-Kraut: Handb. d. anorgan. Chemie, Bd. V, Abt. 2, S. 219, 1218.
   Hoffmann: Lexik. d. anorgan. Verbindungen, Bd. I, 2, S. 956.
10. Retgers: Neues Jahrb. f. Min. usw. (1896), II, S. 183, 185.
11. von Wolf: Fortschr. f. Mineralogie, Kristallogie u. Petrographie 1927, Bd. 12, S. 93.
12. Groß: Glückauf 46 (1930), S. 1579.
13. W. Ostwald: Die Farbenlehre, 2. Bd. (1919), S. 89.
14. Mess 430 b. Zeiß, Jena (1927).
    Pulfrich: Z. f. Instrumentenkunde, Bln., Bd. 45, S. 35—44, 61—70, 109—120, 521—530.
15. E. T. Allan u. J. L. Crenshaw: Z. f. anorg. Chem. (1912) S. 79, 125.
16. Doelter, Handbuch d. Mineralchemie IV, 1. H. (1926), S. 304—328.
17. Schneiderhöhn: Chemie d. Erde 5 (1930), S. 385—395.
18. Klughardt: Leipz. Monatschr. f. Textilind. 6 (1927), S. 310. 12 (1927) S. 575, 2 (1929) S. 77.
19. H. Fischer: Technologie des Scheidens, Mischens und Zerkleinerns (1920), S. 195/196.
20. Zeiß: Jena: Mess 430 c.

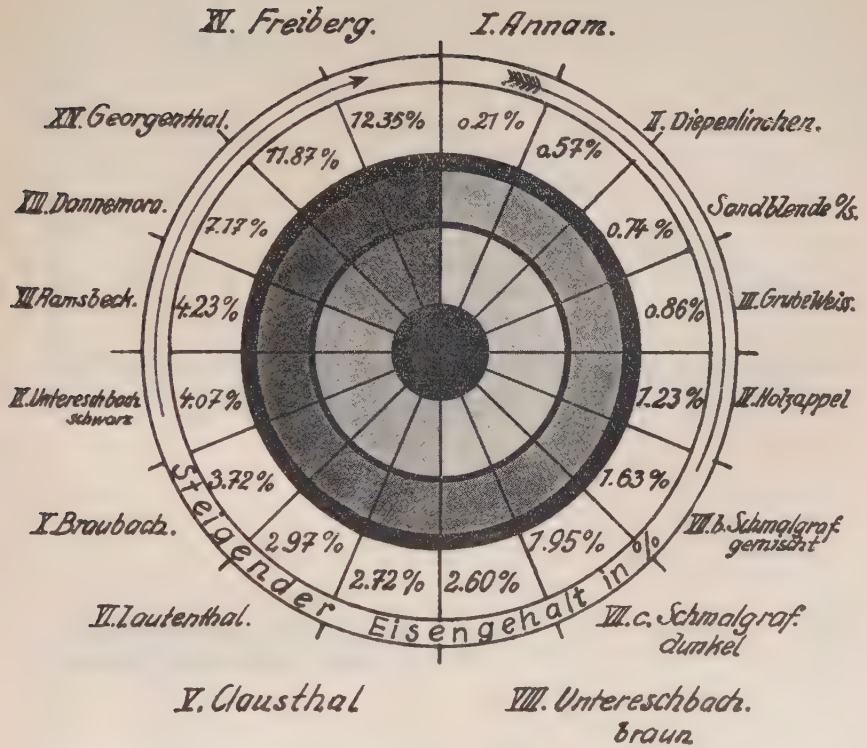
Lebenslauf.

Ich wurde am 15. Oktober 1901 als Sohn des im Januar 1929 verstorbenen Fürstlich Pleßschen Rendanten Gustav Hoffmann in Waldenburg (Schles.) geboren.

Ich besuchte die Vorschule und das Gymnasium zu Waldenburg, das ich Ostern 1922 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Nach siebenmonatlicher praktischer Tätigkeit in Bergbaubetrieben — weitere 12 Monate praktizierte ich während der Semesterferien — wurde ich im W.S. 1922 an der Technischen Hochschule zu Breslau, Abt. Bergbau, immatrikuliert. Im Oktober 1926 bestand ich das Vorexamen, im Mai 1929 die Diplom-Hauptprüfung. Von dieser Zeit an war ich mit der Abfassung vorliegender Arbeit beschäftigt.

Werner Hoffmann.

Abb. 2



Zinkblenden: Aufgemahlene Fraktion (innerer Ring)
Kornklasse 0,075-0,06 m/m (äußerer Ring)

Fig. 1

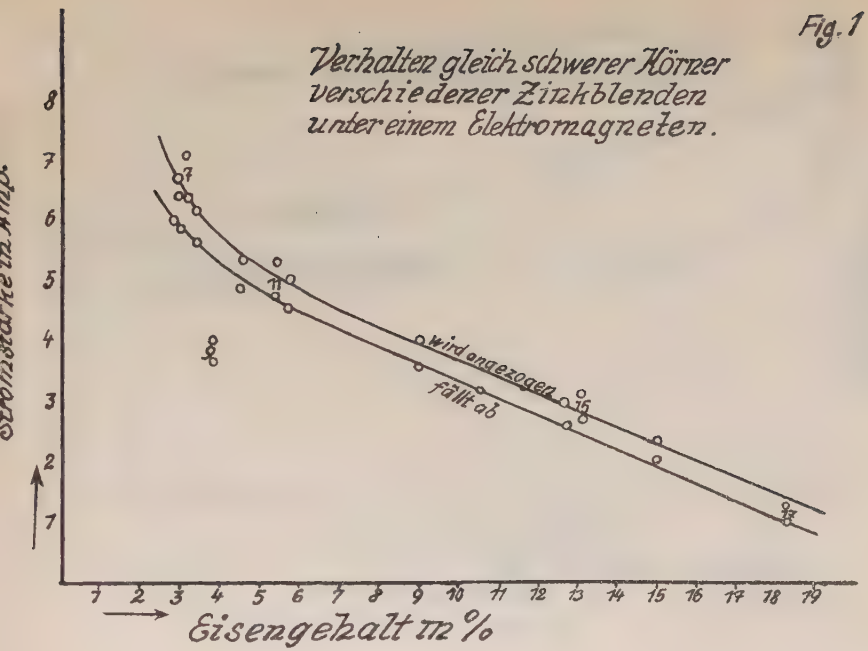
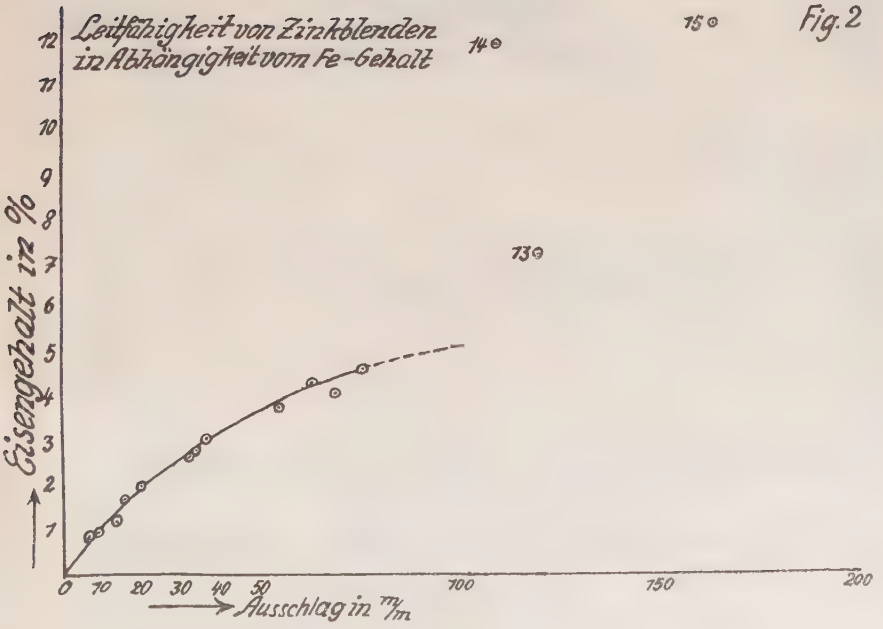
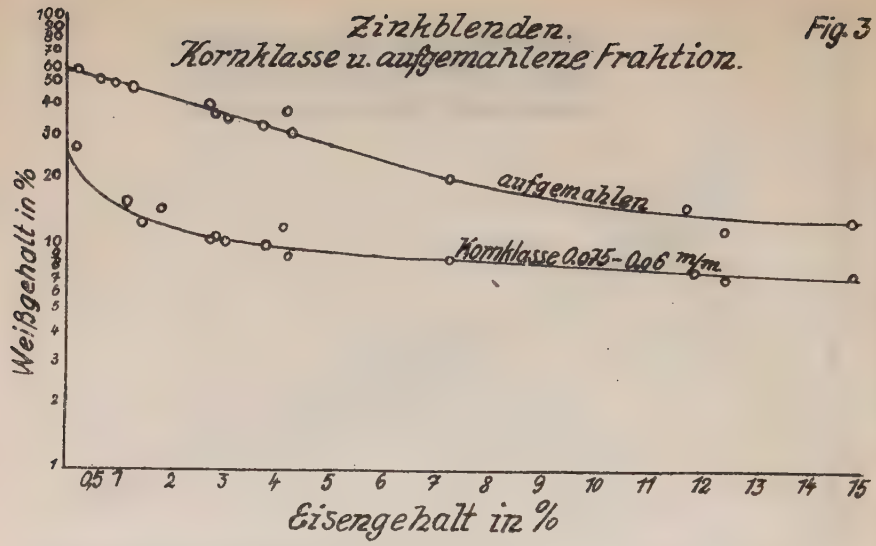
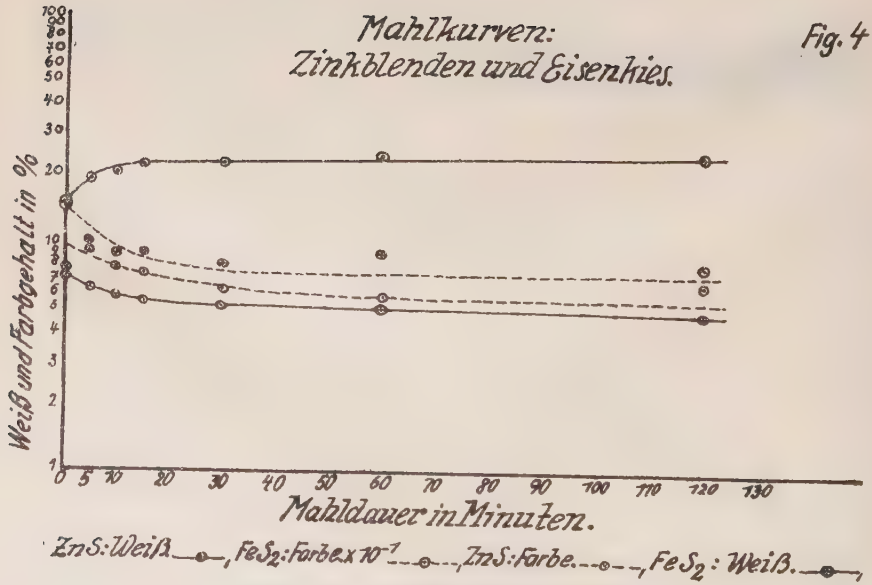
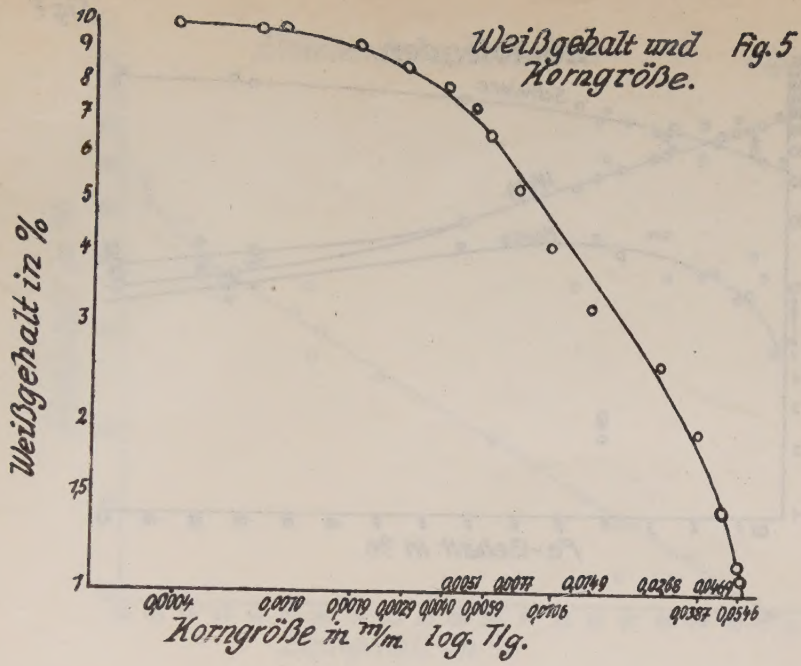

Verhalten gleich schwerer Körner
verschiedener Zinkblenden
unter einem Elektromagneten.
Stromstärke in Amp.
wird angezogen
fällt ab
Eisengehalt in %

Fig. 2


Leitfähigkeit von Zinkblenden
in Abhängigkeit vom Fe-Gehalt
Eisengehalt in %
Ausschlag in m/m


Zinkblenden.
Kornklasse u. aufgemahlene Fraktion.
Fig. 3
Weißgehalt in %
aufgemahlen
Kornklasse 0,075-0,06 m/m
Eisengehalt in %


Mahlkurven:
Zinkblenden und Eisenkies.
Fig. 4
Weiß und Farbgehalt in %
Mahldauer in Minuten.
ZnS: Weiß, FeS2: Farbe x 10⁻¹, ZnS: Farbe, FeS2: Weiß.


Weißgehalt und Korngröße.
Fig. 5
Weißgehalt in %
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1,5
1
0,0004
0,0010
0,0019
0,0029
0,0040
0,0051
0,0059
0,0077
0,0106
0,0149
0,0268
0,0387
0,0469
0,0546
Korngröße in m/m log. Tlg.

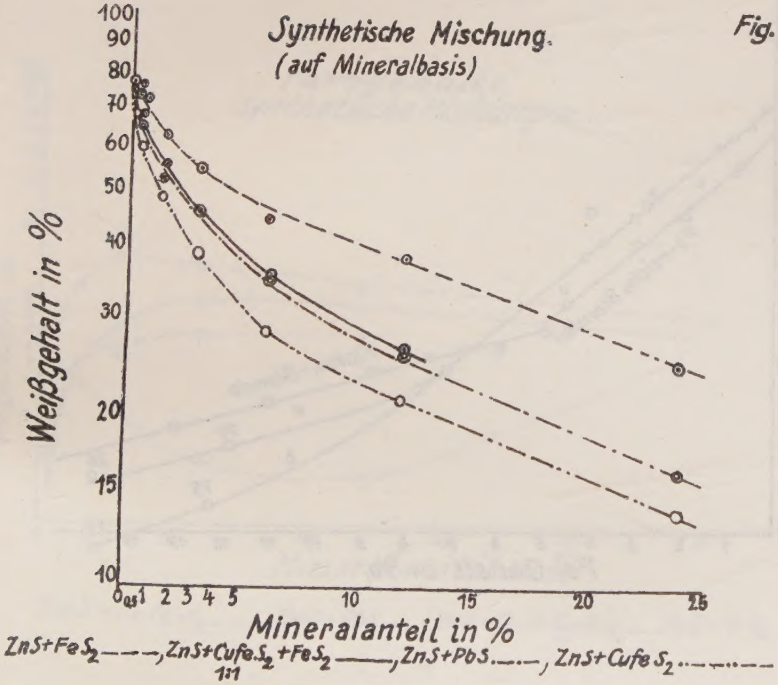
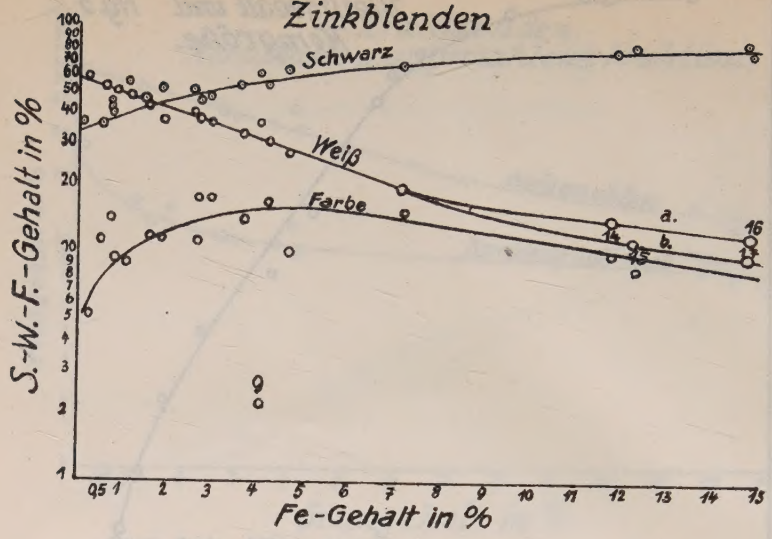
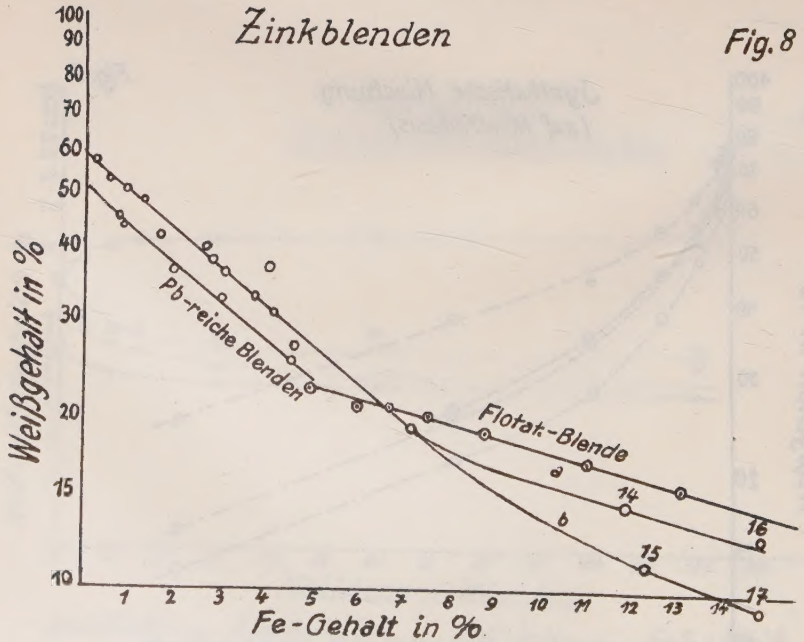
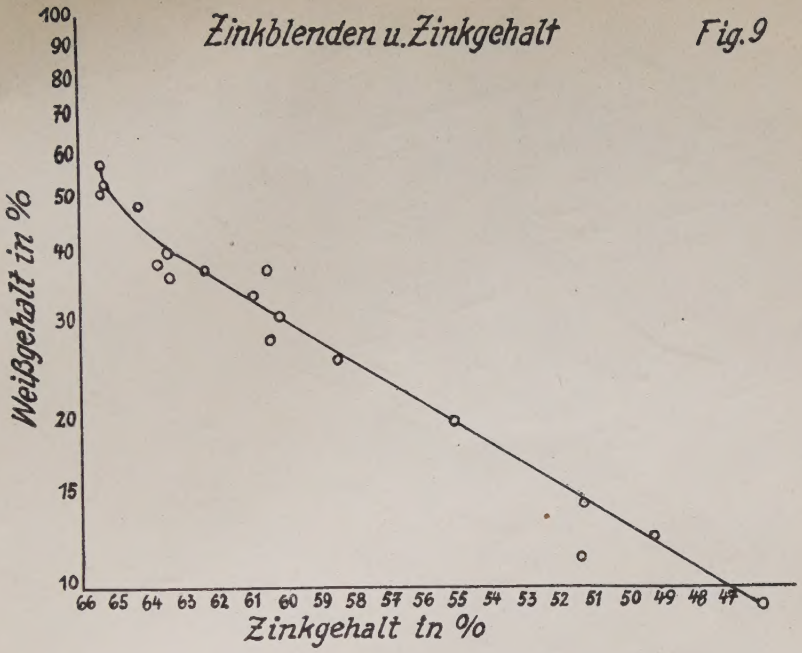
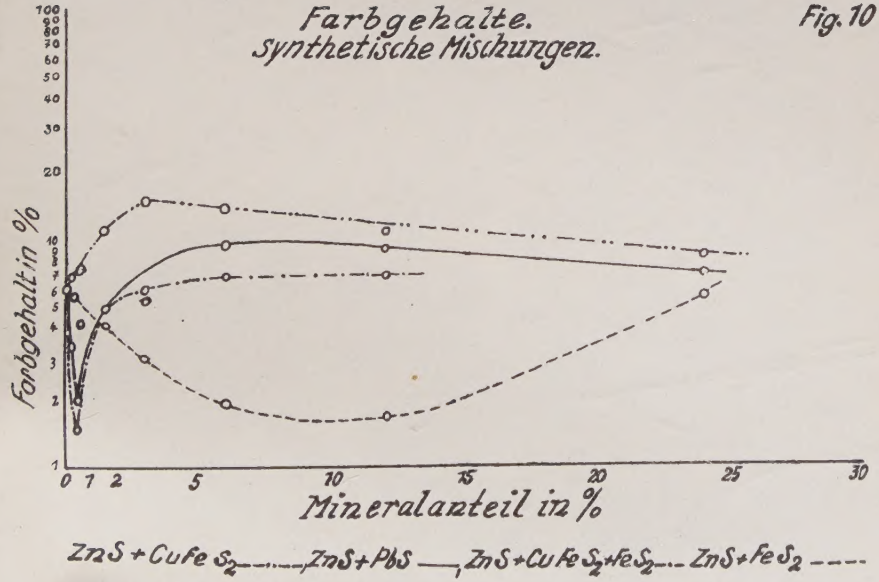
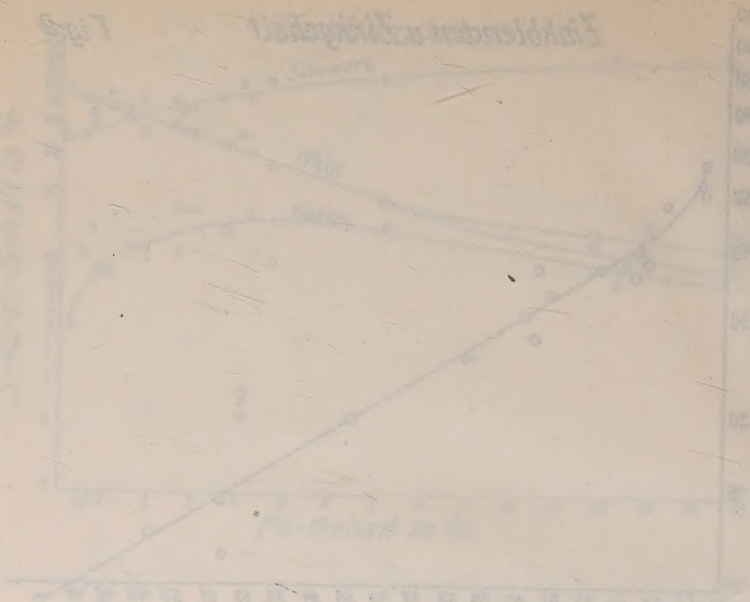
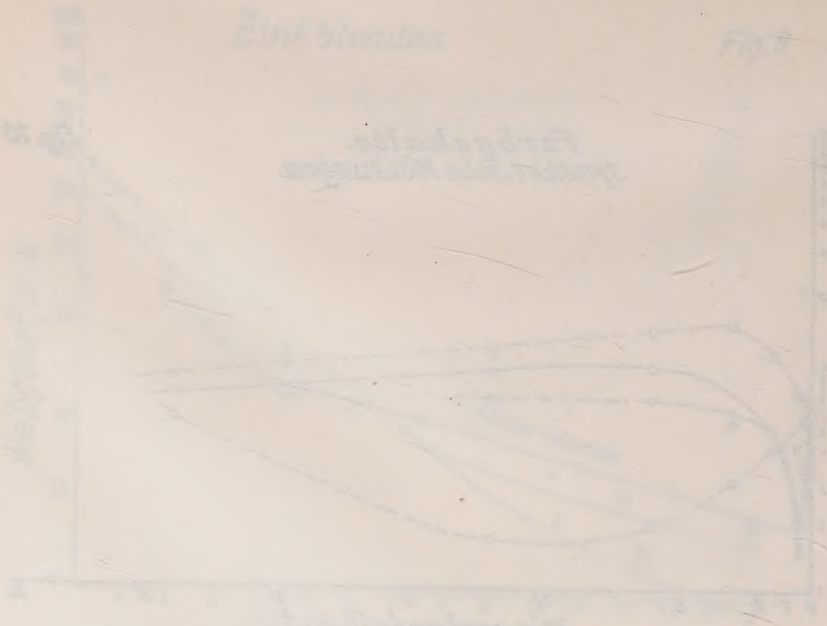

Synthetische Mischung.
(auf Mineralbasis)
Fig. 6
Weißgehalt in %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
15
10
0,5
1
2
3
4
5
10
15
20
25
Mineralanteil in %
ZnS+FeS2 – – –, ZnS+CufeS2 1:1 +FeS2 ———, ZnS+PbS. –·–, ZnS+CufeS2 ·· – – ·· – –

Fig. 7


Zinkblenden
S.-W.-F.-Gehalt in %
Schwarz
Weiß
Farbe
a.
b.
16
14
15
17
Fe-Gehalt in %


Zinkblenden
Fig. 8
Weißgehalt in %
Pb-reiche Blenden
Flotat-Blende
a
b
14
15
16
17
Fe-Gehalt in %


Zinkblenden u. Zinkgehalt
Fig. 9
Weißgehalt in %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
15
10
66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50 49 48 47
Zinkgehalt in %


Farbgehalte.
Synthetische Mischungen.
Fig. 10
Farbgehalt in %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
15
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0 1 2 5 10 15 20 25 30
Mineralanteil in %
ZnS + CuFeS2 ZnS + PbS ZnS + CuFeS2 + FeS2 ZnS + FeS2